

## **PENGARUH AKTIVASI KIMIA DAN PENAMBAHAN SEMEN *PORTLAND* PUTIH PADA ZEOLIT ALAM SEBAGAI ADSORBEN EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR**

**Yoang Enggaling Sarosa, Sri Wardhani\*, Darjito**

*Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya*

*Jl. Veteran Malang 65145*

\*Alamat korespondensi, Tel : +62-341-575838, Fax : +62-341-575835

Email: wardhani@ub.ac.id

### **ABSTRAK**

Penyumbang polusi udara berupa gas CO, CO<sub>2</sub> dan hidrokarbon paling besar ditimbulkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor. Tujuan penelitian ini memanfaatkan zeolit alam sebagai adsorben untuk mengurangi emisi gas CO, CO<sub>2</sub> dan hidrokarbon dari kendaraan bermotor. Penelitian ini menggunakan zeolit alam tanpa perlakuan aktivasi dan zeolit alam perlakuan aktivasi kimia dan fisik. Perlakuan aktivasi menggunakan HCl 0,4M dan kalsinasi suhu 500°C. Adsorben zeolit alam dengan semen *portland* putih dibuat dengan komposisi perbandingan (100:0 dan 87,5:12,5). Hasil penelitian uji daya serap gas menggunakan *stargas D 898 OTC* menunjukkan kemampuan daya serap zeolit alam aktivasi terhadap gas hidrokarbon dan karbondioksida lebih tinggi daripada zeolit alam tanpa aktivasi. Tetapi kemampuan daya serap zeolit alam aktivasi terhadap gas karbonmonoksida lebih rendah daripada zeolit alam tanpa aktivasi. Penambahan semen *portland* putih pada adsorben menyebabkan penurunan daya serap gas tetapi meningkatkan kekuatan tekan adsorben. Kesetimbangan daya serap gas hidrokarbon, gas karbondioksida dan gas karbonmonoksida berturut-turut pada zeolit alam tanpa aktivasi mempunyai efisiensi sebesar 37,83%, 39,95% dan 45,53%, sedangkan pada zeolit alam aktivasi sebesar 43,7%, 46,58% dan 43,64%.

**Kata kunci** : aktivasi, daya serap, emisi gas buang, semen *portland* putih, zeolit alam.

### **ABSTRACT**

The biggest contributor of air pollution such as CO, CO<sub>2</sub> and hydrocarbon is caused by vehicle exhaust emissions. The purpose of this research is utilize the natural zeolite as an adsorbent to reduce emissions of CO, CO<sub>2</sub> and hydrocarbons from vehicles. This research uses natural zeolite without treatment and natural zeolite with chemical and physical treatment. Chemical and physical treatment on natural zeolite are using HCl 0,4 M and heating at temperature 500°C. Adsorbent is made by natural zeolite and white portland cement with ratio composition (100:0 and 87,5:12,5). The results of study gas adsorption using *stargas D 898 OTC* shows adsorption capability of hydrocarbon and carbondioxide on natural zeolite with treatment is higher than the natural zeolite without treatment. But the adsorption capability of carbonmonoxide on natural zeolite with treatment is lower than the natural zeolite without treatment. The addition of white portland cement in the adsorbent can decrease gas adsorption, but it can increase compressive strength of adsorbent. The efficiency of adsorption equilibrium of hydrocarbon, carbondioxide and carbonmonoxide gas on natural zeolite without treatment are 37,83%, 39,95% and 45,53%, while the natural zeolite with treatment are 43,7%, 46,58% and 43,64%.

**Keywords** : treatment, adsorption, exhaust emissions, white portland cement, natural zeolite.

### **PENDAHULUAN**

Penyumbang polusi udara sebesar 60-70% di udara ditimbulkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor [1]. Untuk mengurangi dampak tersebut perlu dilakukan pengendalian emisi gas buang. Selama ini masih dikembangkan teknologi *catalytic converter*, namun dibutuhkan biaya cukup mahal dalam pembuatannya dan kurang cocok diterapkan di Indonesia yang bahan bakarnya masih mengandung timbal (Pb) [2]. Selama ini zeolit alam

dikenal mampu bertindak sebagai katalis, adsorben dan penukar ion [3]. Optimasi daya serap zeolit alam dapat dilakukan dengan perlakuan aktivasi secara kimia dan fisik. Proses aktivasi secara kimia menggunakan larutan asam dan aktivasi secara fisik dengan pemanasan suhu 500°C [4]. Pembuatan *catalytic converter* dengan katalis zeolit alam, alumina dan semen mempunyai efisiensi daya serap gas CO 45,39 %, hidrokarbon 53,73% dan NOx 5,26 % [5]. Penambahan semen pada adsorben bertindak sebagai pengikat untuk dicetak dan dibuat adsorben sesuai kebutuhan seperti dalam bentuk pellet, *hollow* dan lembaran yang selama ini banyak dikembangkan [6].

Penelitian ini menggunakan adsorben dengan variasi penambahan semen *portland* putih. Perlakuan aktivasi kimia dan fisik pada zeolit alam untuk mengetahui perbedaan daya serap antara adsorben zeolit alam tanpa aktivasi dengan adsorben zeolit alam aktivasi.

## **METODA PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan antara lain zeolit alam kabupaten Blitar, HCl 32% (b/b), AgNO<sub>3</sub> 0,1M, akuades, semen *portland* putih, pH indikator *universal macherey nagel*.

Peralatan yang digunakan antara lain seperangkat alat gelas, *tanur barnstead thermolyne 6000*, oven *fisher scientific*, *shaker wisd SHO 2D*, neraca analitik *mettler toledo*, ayakan 200 mesh, spektrofotometer FT-IR 8400S *shimadzu*, *MFL Piuf D 6800 mannheim*, *stargas D 898 OTC*, knalpot uji modifikasi, dan sepeda motor Yamaha Byson tahun 2012.

### **Prosedur**

#### **Preparasi Zeolit Alam Tanpa Perlakuan Aktivasi Kimia dan Fisik**

Serbuk zeolit alam sebanyak 100 gram diayak menggunakan ayakan ukuran 200 mesh dan dicuci dengan akuades 300 mL lalu disaring dengan kertas saring. Kemudian dipanaskan pada suhu 110°C hingga kering.

#### **Preparasi Zeolit Alam Dengan Perlakuan Aktivasi Kimia dan Fisik**

Sebanyak 8 gram zeolit alam dimasukkan dalam erlenmeyer 100 mL, ditambahkan 75 mL HCl 0,4 M dan dikocok dengan *shaker* selama empat jam kecepatan 100 rpm. Kemudian disaring, dicuci dengan akuades hingga ion Cl<sup>-</sup> hilang. Uji ion Cl<sup>-</sup> dilakukan dengan penambahan AgNO<sub>3</sub> 0,1M. Residu zeolit alam dalam kertas saring dikeringkan dan dipanaskan dalam tanur pada suhu 500°C selama 4 jam.

#### **Pembuatan Adsorben Zeolit Alam**

Bahan pada Tabel 1. dimasukkan dalam gelas kimia 250 mL, ditambahkan 15 mL

akuades dan dimasukkan ke dalam cetakan adsorben dengan tebal 5 mm dan dipanaskan pada suhu 110°C selama 6 jam.

**Tabel 1.** Komposisi adsorben zeolit alam

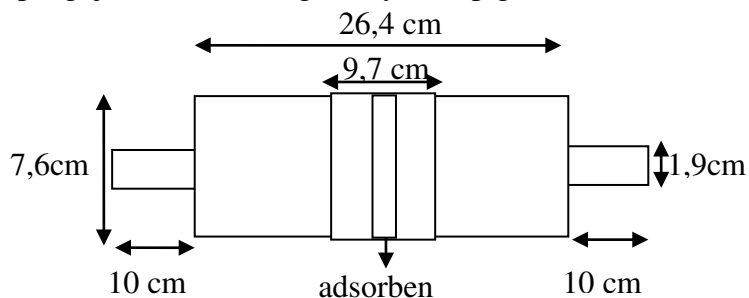
adsorben	zeolit alam tanpa aktivasi (gram)	semen <i>portland</i> putih (gram)	adsorben	zeolit alam aktivasi (gram)	semen <i>portland</i> putih (gram)
A1	40	0	A2	40	0
B1	35	5	B2	35	5

### Karakterisasi Zeolit Alam

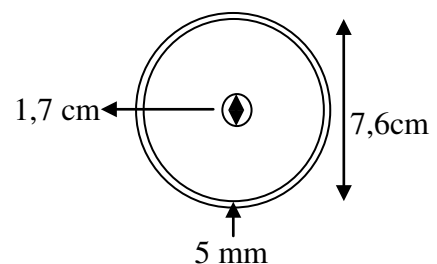
Karakterisasi zeolit alam dengan uji tekan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan semen *portland* putih pada zeolit alam terhadap kekuatan tekan adsorben.

### Uji Daya Serap Adsorben Menggunakan *Stargas*

Adsorben yang telah dibuat dimasukkan ke dalam knalpot uji modifikasi yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2, kemudian dihubungkan dengan knalpot dan instrumen *Stargas D 898 OTC*. Uji daya serap adsorben menggunakan sepeda motor Yamaha Byson 2012. Waktu pengambilan data dilakukan selama 5 menit pada 1000 rpm hingga 4000 rpm. Untuk pengujian kesetimbangan daya serap gas dilakukan selama 300 menit pada 1000 rpm.



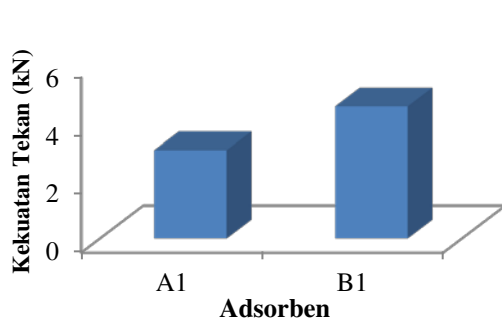
**Gambar 1.** Knalpot uji modifikasi 2D



**Gambar 2.** Adsorben melintang

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Tekan Adsorben Menggunakan *MFL Piuf D 6800 Mannheim*



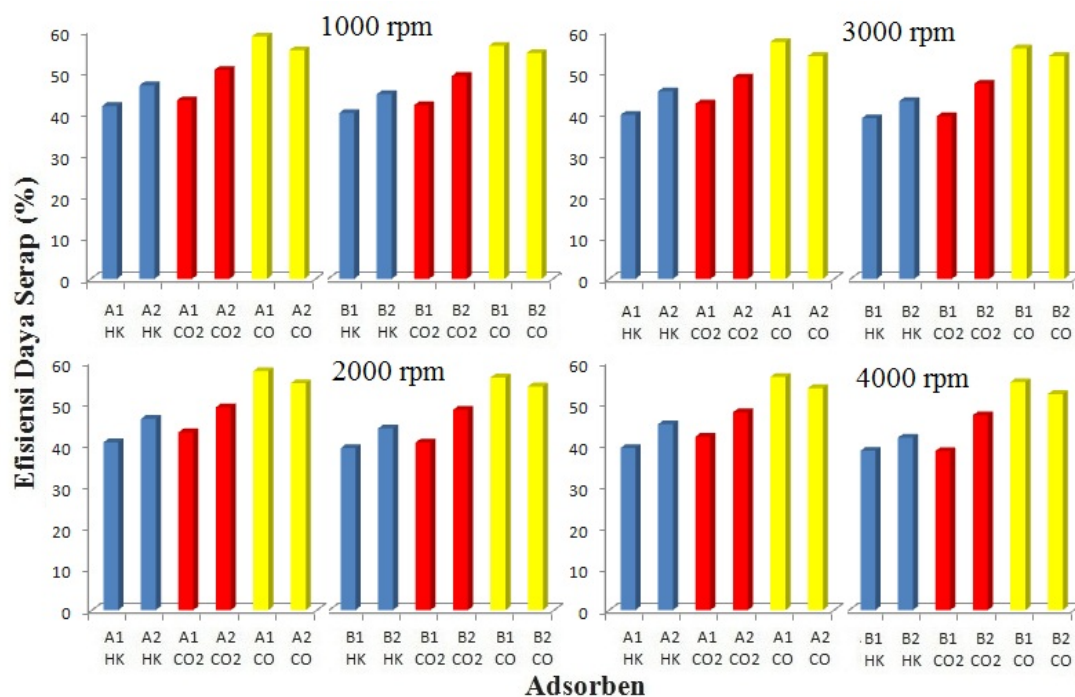
Keterangan :

- A1 : 40 g zeolit alam tanpa aktivasi
- B1 : 35 g zeolit alam tanpa aktivasi +  
5 g semen *portland* putih

**Gambar 3.** Grafik hubungan antara kekuatan tekan terhadap jenis adsorben

Berdasarkan Grafik pada Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa penambahan semen *portland* putih dapat meningkatkan kekuatan tekan pada adsorben. Kekuatan adsorben B1 lebih besar daripada adsorben A1. Penambahan semen akan meningkatkan kerapatan adsorben. Sehingga rongga antar partikel (porositas) semakin kecil. Penambahan air pada semen mengakibatkan terjadinya reaksi hidrasi membentuk senyawa hidrat semen yang keras dan memadat [6].

#### Analisa Efisiensi Daya Serap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor



**Gambar 4.** Grafik hubungan efisiensi daya serap gas buang terhadap jenis adsorben

Keterangan :

■ HK : hidrokarbon

■ CO<sub>2</sub>: karbondioksida

■ CO : karbonmonoksida

A : 40 g zeolit alam

B : 35 g zeolit alam + 5 g semen *portland* putih

1 : zeolit alam tanpa aktivasi

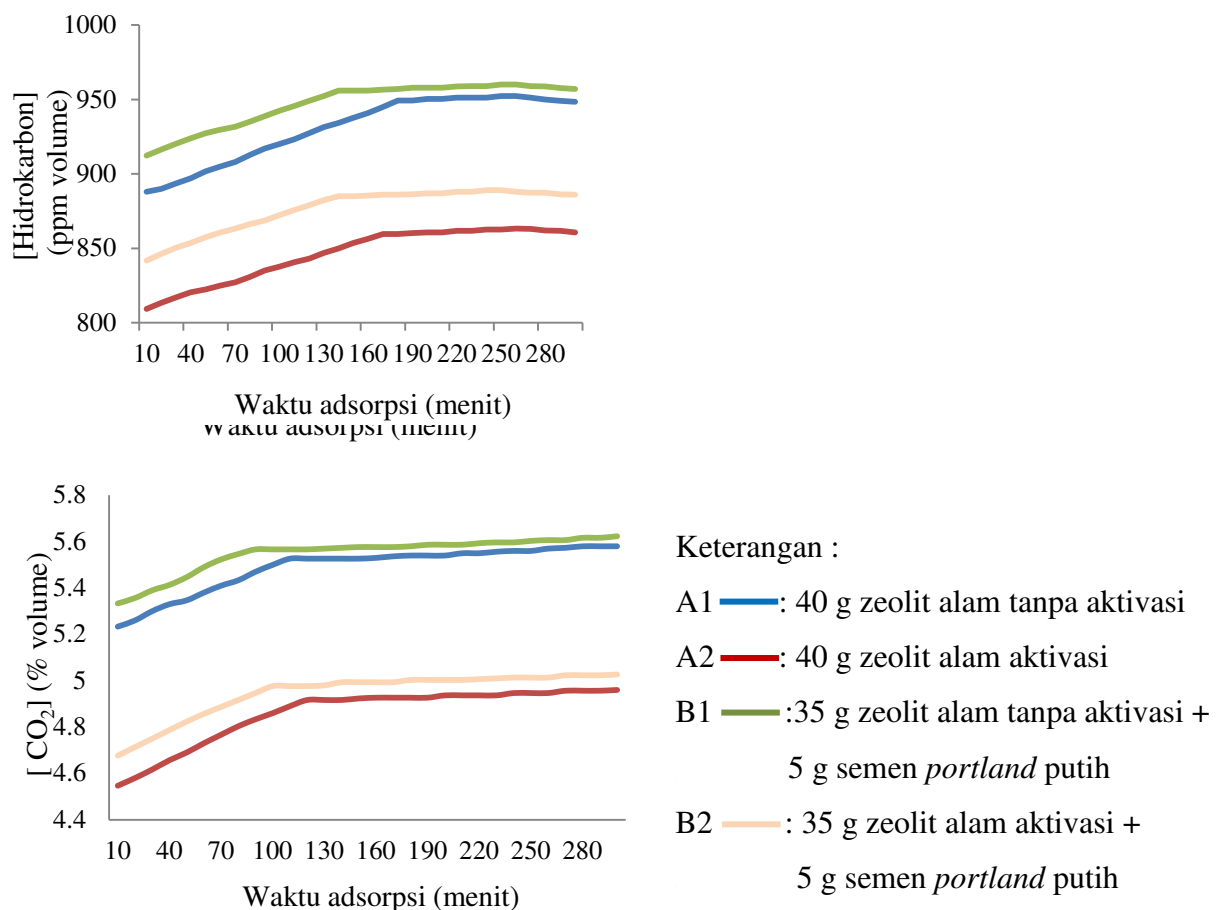
2 : zeolit alam aktivasi

Berdasarkan Grafik pada Gambar 4 terlihat efisiensi daya serap gas hidrokarbon dan karbondioksida tertinggi pada adsorben A2 pada putaran mesin 1000 – 4000 rpm. Sedangkan efisiensi daya serap gas hidrokarbon dan karbondioksida terendah pada adsorben B1 pada

putaran mesin 1000 – 4000 rpm. Efisiensi daya serap gas karbonmonoksida tertinggi pada adsorben A1 pada putaran mesin 1000 – 4000 rpm. Sedangkan efisiensi daya serap gas karbonmonoksida terendah pada adsorben B2 pada putaran mesin 1000 – 4000 rpm.

Adsorben zeolit alam perlakuan aktivasi kimia dan fisik mempunyai daya serap gas hidrokarbon dan gas karbondioksida yang lebih tinggi daripada adsorben zeolit alam tanpa aktivasi. Tetapi adsorben zeolit alam perlakuan aktivasi kimia dan fisik mempunyai daya serap gas karbonmonoksida yang lebih rendah daripada adsorben zeolit alam tanpa aktivasi. Hal ini dikarenakan zeolit alam perlakuan aktivasi kimia dan fisik lebih bersifat hidrofobik daripada zeolit alam tanpa perlakuan aktivasi. Gas karbondioksida dan hidrokarbon yang bersifat non polar lebih mudah teradsorpsi oleh zeolit alam perlakuan aktivasi kimia dan fisik. Sedangkan gas karbonmonoksida yang bersifat polar lebih mudah teradsorpsi oleh zeolit alam tanpa perlakuan aktivasi kimia dan fisik.

#### Analisa Keseimbangan Daya Serap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor



**Gambar 5.** Grafik hubungan konsentrasi emisi gas buang terhadap waktu adsorpsi

Berdasarkan Grafik pada Gambar 5 terlihat konsentrasi emisi gas hidrokarbon, gas karbonmonoksida dan gas karbondioksida semakin meningkat seiring dengan lamanya proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan daya serap adsorben semakin menurun seiring lamanya proses adsorpsi. Pada awal pengujian adsorben, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan desorpsi sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat dan laju desorpsi cenderung meningkat. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi setiap adsorben berbeda-beda seperti terlihat pada Tabel 2. Hal ini ditandai dengan konsentrasi gas hidrokarbon, gas karbonmonoksida dan gas karbondioksida yang teradsorpsi tetap atau tidak mengalami penurunan yang signifikan [7].

**Tabel 2.** Kondisi kesetimbangan adsorpsi gas

Adsorben	Tercapai kondisi kesetimbangan (menit)			Efisiensi adsorpsi (%)		
	Hidrokarbon	CO	CO <sub>2</sub>	Hidrokarbon	CO	CO <sub>2</sub>
A1	180	270	110	37,83	45,53	39,95
A2	170	270	120	43,7	43,64	46,58
B1	140	250	90	37,39	45,19	39,52
B2	140	250	90	42,04	42,61	46,25

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi zeolit alam dengan penambahan semen lebih rendah dibandingkan pada zeolit alam tanpa penambahan semen. Indikasi perbedaan ini terlihat pada waktu tercapainya kesetimbangan yang dibutuhkan masing-masing adsorben. Perbedaan ini terjadi karena zeolit alam tanpa penambahan semen memiliki struktur yang lebih berongga dan berpori dibandingkan zeolit alam dengan penambahan semen. Penambahan semen mengakibatkan menurunnya sifat diffusivitas dan permeabilitas gas pada saat proses adsorpsi [6].

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan :

1. Penambahan semen *portland* putih dapat meningkatkan kekuatan tekan adsorben tetapi menurunkan daya serap gas hidrokarbon, karbondioksida dan karbonmonoksida.
2. Efisiensi daya serap gas hidrokarbon dan gas karbondioksida pada zeolit alam aktivasi lebih tinggi daripada zeolit alam tanpa aktivasi. Sedangkan efisiensi daya serap gas karbonmonoksida pada zeolit alam aktivasi lebih rendah daripada zeolit alam tanpa aktivasi.
3. Kesetimbangan daya serap gas hidrokarbon, gas karbondioksida dan gas karbonmonoksida berturut-turut pada zeolit alam tanpa aktivasi mempunyai efisiensi

sebesar 37,83%, 39,95% dan 45,53%, sedangkan pada zeolit alam aktivasi sebesar 43,7%, 46,58% dan 43,64%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada Kepala dan Staff Laboratorium Kimia Anorganik, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Brawijaya. Kepala dan Staff Laboratorium Pengujian Bahan dan Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bachrun, R. K., 1993, *Polusi Udara Perkotaan Pemantauan dan Pengaturan*, Hasil Penelitian Laboratorium Termodinamika PAU ITB, Bandung.
2. Warju, 2006, *Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Tembaga Berlapis Mangan Terhadap Kadar Polutan Motor Bensin Empat langkah*, Tesis, Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
3. Boreskov, G. K., and Minachev, K. M., 1979, *Application of Zeolites in Catalysis*, Akademiai Kiado, Budapest.
4. Lesley, S., dan Elain, M., 1992, *Solid State Chemistry*, Chapman & Hall, London.
5. Dwi, K., 2009, *Unjuk Kemampuan Catalytic Converter dengan Katalis Zeolit, Alumina dan Semen dalam Mereduksi Emisi Gas Buang*, Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhamadiyah, Malang
6. Ali, M. A., 2010, *Pembuatan Membran Mikrofilter Zeolit Alam dengan Penambahan Semen Portland Putih*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
7. Muslich, Suryadarma, P., dan Hayuningtyas, R. I. R., 2007, Kinetika Adsorpsi Isothermal  $\beta$ -Karoten dari Olein Sawit Kasar dengan Menggunakan Bentonit, *Jurnal Teknik Industri Pertanian*, 19 (2), pp. 93-100.